

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

PCT/JP2004/004211

25. 3. 2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 3月27日
Date of Application:

出願番号 特願2003-087782
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP2003-087782]

出願人 浜松ホトニクス株式会社
Applicant(s):

RECD. 21 MAY 2004

WIPO PCT

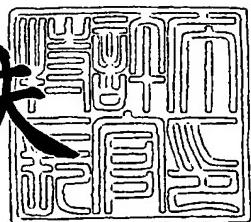
**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 4月28日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3036700

【書類名】 特許願
【整理番号】 2003-0019
【提出日】 平成15年 3月27日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01L 31/09
【発明者】
【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内
【氏名】 柴山 勝己
【特許出願人】
【識別番号】 000236436
【氏名又は名称】 浜松ホトニクス株式会社
【代理人】
【識別番号】 100088155
【弁理士】
【氏名又は名称】 長谷川 芳樹
【選任した代理人】
【識別番号】 100089978
【弁理士】
【氏名又は名称】 塩田 辰也
【選任した代理人】
【識別番号】 100092657
【弁理士】
【氏名又は名称】 寺崎 史朗
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 014708
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ホトダイオードアレイおよびその製造方法並びに放射線検出器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被検出光の入射面の反対面側に、複数のホトダイオードがアレイ状に形成された半導体基板を備え、

前記入射面側の、前記ホトダイオードが形成された領域と対応する領域に、ホトダイオードが形成された領域と対応しない領域よりも窪んだ所定の深さを有する凹部が設けられている

ことを特徴とするホトダイオードアレイ。

【請求項 2】 前記半導体基板が、前記入射面の反対面側に、周囲の領域よりも窪んだ表面側凹部を有し、該表面側凹部の底部に前記ホトダイオードが形成されている

ことを特徴とする請求項 1 記載のホトダイオードアレイ。

【請求項 3】 前記凹部が複数形成され、その隣接する各凹部が互いに連通している

ことを特徴とする請求項 1 または 2 記載のホトダイオードアレイ。

【請求項 4】 前記凹部が前記ホトダイオード毎に分けて形成され、その隣接する各凹部が互いに連通している

ことを特徴とする請求項 1 または 2 記載のホトダイオードアレイ。

【請求項 5】 前記半導体基板には、隣接する前記各ホトダイオードの間にその各ホトダイオードを分離する不純物領域が設けられている

ことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一項記載のホトダイオードアレイ。

【請求項 6】 前記半導体基板の入射面側に、前記半導体基板と同じ導電型の高不純物濃度層が形成されている

ことを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか一項記載のホトダイオードアレイ。

【請求項 7】 第 1 導電型の半導体からなる半導体基板の片側表面に、不純物を添加して複数の第 2 導電型の不純物拡散層を形成し、各不純物拡散層と前記半導体基板とによる複数のホトダイオードをアレイ状に配列して形成する第 1 工程と、

前記不純物拡散層を形成した側の反対側表面において、前記ホトダイオードが形成された領域と対応する領域に、ホトダイオードが形成された領域と対応しない領域よりも窪んだ所定の深さを有する凹部を設ける第2工程と
を備えることを特徴とするホトダイオードアレイの製造方法。

【請求項8】 第1導電型の半導体からなる半導体基板の片側表面に、周囲の領域よりも窪んだ表面側凹部をアレイ状に配列して複数形成する第1工程と、

前記各表面側凹部の底部に不純物を添加して複数の第2導電型の不純物拡散層を形成し、各不純物拡散層と前記半導体基板とによる複数のホトダイオードをアレイ状に配列して形成する第2工程と、

前記不純物拡散層を形成した側の反対側表面において、前記ホトダイオードが形成された領域と対応する領域に、ホトダイオードが形成された領域と対応しない領域よりも窪んだ所定の深さを有する凹部を設ける第3工程と
を備えることを特徴とするホトダイオードアレイの製造方法。

【請求項9】 前記凹部を設けた後、前記反対側表面に前記半導体基板と同じ導電型の高不純物濃度層を形成する工程

を更に有することを特徴とする請求項7または8記載のホトダイオードアレイの製造方法。

【請求項10】 隣接する前記不純物を添加する領域の間に別の不純物を添加して第1導電型の不純物領域を設ける工程

を更に有することを特徴とする請求項7～9のいずれか一項記載のホトダイオードアレイの製造方法。

【請求項11】 請求項1～6のいずれか一項記載のホトダイオードアレイと、

該ホトダイオードアレイの前記被検出光の入射面の側に取り付けられ、入射した放射線により発光するシンチレータパネルと
を備えることを特徴とする放射線検出器。

【請求項12】 請求項7～10のいずれか一項記載の製造方法で製造されたホトダイオードアレイと、

該ホトダイオードアレイの前記凹部が設けられた側に取り付けられ、入射した

放射線により発光するシンチレータパネルと
を備えることを特徴とする放射線検出器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ホトダイオードアレイおよびその製造方法並びに放射線検出器に関する。

【0002】

【従来の技術】

この種のホトダイオードアレイとして、従来から、バンプ電極等の形成されている面の反対側（裏面側）から光を入射させるタイプの裏面入射型ホトダイオードアレイが知られている（例えば特許文献1参照）。この特許文献1に開示されているホトダイオードアレイは、図26および図27に示すように、n型シリコン基板133に、角柱状p層134を形成してp-n接合によるホトダイオード140を形成し、そのホトダイオード140が形成されている表面側（図面の下側）とは反対側の裏面（図面の上側）に、負電極膜136を介してシンチレータ131が接着されてなっている。そして、そのシンチレータ131から、波長変換された光をホトダイオード140に入射させるとともに、その入射光に応じた電流をホトダイオード140により得て、その電流を表面側の正電極135、半田球139を介して、プリント基板137に設けられた半田パッド138に接続している。

【0003】

【特許文献1】

特開平7-333348号公報

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述のホトダイオードアレイ、例えばCT用ホトダイオードアレイを実装するには、チップを吸着するコレットとして、平コレットと角錐コレットを使用することができるが、通常フリップチップボンディングを行う場合は平コ

レットが使用されている。CT用ホトダイオードアレイは、チップ面積が大きく（例えば、1辺20mmの矩形状）、図25（b）に示すように、通常のマウンタで使用される角錐コレット161を使用すると、チップ162と角錐コレット161との隙間163により反り返りを生じ、この反り返りにより位置ずれを生じて実装精度が低下するおそれがある。また、フリップチップボンディングの際には加熱や加圧が必要となるが、角錐コレット161では熱伝達の効率が良くなくしかも、加えられる圧力によってチップエッジに損傷がもたらされるおそれもあり、角錐コレット161は薄いチップには向きである。このような理由から、フリップチップボンディングを行う場合は、図25（a）に示すように、チップ面に面接触する平コレット160でチップ162を吸着しつつ、そのチップ162にヒータブロック164から熱と圧力を加えている。

【0005】

しかしながら、平コレット160を使用すると、チップ162のチップ面全体が平コレット160に接触することになる。この光入射面となるチップ面全体が平コレット160に接触して加圧および加熱を受けると、そのチップ面上の、ホトダイオードを構成する不純物拡散層と対応する領域に物理的なダメージ（損傷）が及ぶので、そのダメージによる外観不良や特性劣化（暗電流や雑音の増加等）がホトダイオードアレイにもたらされる。

【0006】

そこで、本発明は上記課題を解決し、実装時において、ホトダイオードが形成されている領域と対応する領域に及ぶダメージによる特性劣化を防止することが可能なホトダイオードアレイおよびその製造方法並びに放射線検出器を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明によるホトダイオードアレイは、被検出光の入射面の反対面側に、複数のホトダイオードがアレイ状に形成された半導体基板を備え、入射面側のホトダイオードが形成された領域と対応する領域に、ホトダイオードが形成された領域と対応しない領域よりも窪んだ所定の深さを有する凹

部が設けられていることを特徴とする。

このホトダイオードアレイは、ホトダイオードが形成された領域と対応する領域よりも対応しない領域が突出しているため、その対応しない領域により、対応する領域とホトダイオードが実装時に使用される平コレットとの間に隙間が形成される。そのため、対応する領域が平コレットに直に接触することなく保護され加圧や加熱によるダメージを受けることがない。

【0008】

また、上記ホトダイオードアレイは上記半導体基板が、入射面の反対面側に、周囲の領域よりも窪んだ表面側凹部を有し、その表面側凹部の底部にホトダイオードが形成されているようにすることができる。

このホトダイオードアレイは、半導体基板の被検出光の入射面からホトダイオードまでの距離が短縮されるので、被検出光の入射により発生するキャリアの移動過程における再結合が抑制され光検出感度が向上する。

【0009】

また、上記ホトダイオードアレイは凹部が複数形成され、その隣接する各凹部が互いに連通しているとよい。上記凹部がホトダイオード毎に分けて形成され、その隣接する各凹部が互いに連通していてもよい。

これらのホトダイオードアレイは凹部が複数形成されるが、そのうち隣接する凹部が互いに連通するため、入射面側に樹脂（例えばシンチレータパネルを取り付ける際の光学樹脂）を塗布したときに、その樹脂が各凹部に行き渡り、また各凹部内ではボイドが発生し難くなる。

【0010】

さらに、これらのホトダイオードアレイにおいて、半導体基板には、隣接する各ホトダイオードの間に、その各ホトダイオードを分離する不純物領域（分離層）が設けられているとよい。これらのホトダイオードアレイは、分離層により表面リードが抑えられるために、隣接するホトダイオード同士が電気的に確実に分離されている。

上記いずれのホトダイオードアレイも、半導体基板の入射面側に、上記半導体基板と同じ導電型の高不純物濃度層が形成されていることが好ましい。このホト

ダイオードアレイは、半導体基板内部の光入射面付近で発生したキャリアがトラップされることなく各ホトダイオードへ効率的に移動して、光検出感度を高めることができる。

【0011】

そして、本発明は、第1導電型の半導体からなる半導体基板の片側表面に、不純物を添加して複数の第2導電型の不純物拡散層を形成し、各不純物拡散層と半導体基板とによる複数のホトダイオードをアレイ状に配列して形成する第1工程と、不純物拡散層を形成した側の反対側表面において、ホトダイオードが形成された領域と対応する領域に、ホトダイオードが形成された領域と対応しない領域よりも窪んだ所定の深さを有する凹部を設ける第2工程とを備えるホトダイオードアレイの製造方法を提供する。

【0012】

このホトダイオードアレイの製造方法によれば、半導体基板の片側表面にホトダイオードがアレイ状に配列して形成され、その反対側のホトダイオードが形成された領域と対応する領域に、対応しない領域よりも窪んだ所定の深さの凹部が形成されたホトダイオードアレイが得られる。

また、本発明は、第1導電型の半導体からなる半導体基板の片側表面に、周囲の領域よりも窪んだ表面側凹部をアレイ状に配列して複数形成する第1工程と、各表面側凹部の底部に不純物を添加して複数の第2導電型の不純物拡散層を形成し、各不純物拡散層と上記半導体基板とによる複数のホトダイオードをアレイ状に配列して形成する第2工程と、上記不純物拡散層を形成した側の反対側表面において、ホトダイオードが形成された領域と対応する領域に、ホトダイオードが形成された領域と対応しない領域よりも窪んだ所定の深さを有する凹部を設ける第3工程とを備えるホトダイオードアレイの製造方法を提供する。

【0013】

この製造方法によれば、半導体基板の片側表面に表面側凹部が形成されて、その表面側凹部の底部にホトダイオードがアレイ状に配列して形成され、その反対側のホトダイオードが形成された領域と対応する領域に、対応しない領域よりも窪んだ所定の深さを有する凹部が設けられたホトダイオードアレイが得られる。

上記いずれのホトダイオードアレイの製造方法も、上記不純物拡散層を形成した側の反対側表面に凹部を設けた後、その反対側表面に半導体基板と同じ導電型の高不純物濃度層を形成する工程を更に有するとよい。この製造方法によれば、半導体基板と同じ導電型の高不純物濃度層が形成されることによって、半導体基板内部の光入射面付近で発生したキャリアがトラップされることなくp-n接合部へ効率的に移動し、光検出感度を高めたホトダイオードアレイが得られる。

【0014】

また、上記いずれのホトダイオードアレイの製造方法も、隣接する不純物を添加する領域の間に別の不純物を添加して第1導電型の不純物領域を設ける工程を更に有するようにすることができる。この製造方法によれば、隣接する各ホトダイオードが電気的に確実に分離されたホトダイオードアレイが得られる。

そして本発明は、上記いずれかのホトダイオードアレイと、ホトダイオードアレイの被検出光の入射面の側に取り付けられ、入射した放射線により発光するシンチレータパネルとを備える放射線検出器を提供する。

【0015】

また、上記いずれかの製造方法で製造されたホトダイオードアレイと、ホトダイオードアレイの凹部が設けられた側に取り付けられ、入射した放射線により発光するシンチレータパネルとを備える放射線検出器を提供する。

これらの放射線検出器は、上記ホトダイオードアレイを備えているため、その光入射面の側に取り付けられたホトダイオードが、ホトダイオードが形成された領域と対応しない領域により、実装時における加圧や加熱によるストレスを受けることなく保護され、これらによるノイズや暗電流等が発生しない。

【0016】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について説明する。なお、同一要素には同一符号を用い、重複する説明は省略する。

(第1の実施形態)

まず、ホトダイオードアレイとその製造方法の実施形態について説明する。

図1は、本発明の実施形態に係るホトダイオードアレイ1を模式的に示す断面

図である。なお、以下の説明においては、光Lの入射面（図1の上側）を裏面、その反対側（図1の下側）の面を表面としている。以下の各図においては、図示の都合上、寸法が適宜変更されている。

【0017】

ホトダイオードアレイ1は、表面側において、p n接合による複数のホトダイオード4が縦横に規則正しいアレイ状に2次元配列されて、その一つ一つのホトダイオード4がホトダイオードアレイ1の一画素としての機能を有し、全体で一つの光検出部を構成している。

ホトダイオードアレイ1は、厚さが30～300μm（好ましくは100μm）程度で、不純物濃度が $1 \times 10^{12} \sim 10^{15} / \text{cm}^3$ 程度のn型（第1導電型）シリコン基板3を有している。そして、その表面側において、不純物濃度が $1 \times 10^{13} \sim 10^{20} / \text{cm}^3$ 程度で、深さが0.05～20μm程度（好ましくは0.2μm）のp型（第2導電型）不純物拡散層5が縦横の規則正しいアレイ状に2次元配列されている。このp型不純物拡散層5とn型シリコン基板3とによるp n接合がホトダイオード4を構成している。さらに、表面側にはシリコン酸化膜22が形成され、重ねてSiN等からなるパッシベーション膜2が形成されている。

【0018】

また、各ホトダイオード4について、電極配線9が形成されている。この電極配線9は、膜厚が1μm程度のアルミニウムからなり、表面側において、各p型不純物拡散層5に電気的に接続されている。また、各電極配線9には、所定の位置でパッシベーション膜2の開口した部分に、Ni-Auからなるアンダーバンプメタル(UBM)11を介して半田のバンプ電極12が電気的に接続されている。

【0019】

一方、n型シリコン基板3の裏面側には、高不純物濃度層であるアキュムレーション層8が設けられている。このアキュムレーション層8は裏面側の略全体にわたって略均一な深さで形成されていて、n型シリコン基板3と同じ導電型であり、n型シリコン基板3よりも不純物濃度が高くなっている。また、このアキュ

ムレーション層8を被覆し、保護すると同時に光Lの反射を抑制するAR膜24が形成されている。AR膜24は、SiO₂からなり、厚さ0.01～数μm程度で形成されている。なお、ホトダイオードアレイ1はアキュムレーション層8を設けているが、アキュムレーション層8を設けなくても実用上十分許容しえる程度の光検出感度を有している。なお、AR膜24は、SiO₂のほかに、SiNや必要な波長において反射防止ができるような光学膜を積層あるいは複合して形成してもよい。

【0020】

そして、表面側の各p型不純物拡散層5の存在する領域がホトダイオード4の形成されている領域（形成領域）で、それ以外の領域がホトダイオードの形成されない非形成領域となっていて、光Lが入射する裏面側において、各ホトダイオード4の形成領域と対応する領域（以下「対応領域」という）に、凹部6がホトダイオード4毎に複数設けられている。各凹部6は、例えば、1mm×1mmの大きさの矩形状に、ホトダイオード4の形成領域と対応しない領域（以下「非対応領域」という）よりも窪んで形成され、その深さdは、例えば3～150μm、好ましくは10μm程度となっている。

【0021】

さらに、図示したホトダイオードアレイ1は、p型不純物拡散層5同士の間、すなわち、隣接するホトダイオード4同士の間に、n⁺型不純物領域（分離層）7を膜厚0.1～数10μm程度で設けている。このn⁺型不純物領域（分離層）7は、隣接するホトダイオード4同士を電気的に分離する機能を有するもので、これを設けることにより、隣接するホトダイオード4同士が電気的に確実に分離され、ホトダイオード4同士のクロストークを低減することができる。しかし、ホトダイオードアレイ1はこのn⁺型不純物領域7は設けなくても、実用上十分許容し得る程度の光検出特性を有している。

図2は、ホトダイオードアレイ1を構成する半導体チップ30の側面図およびその要部を拡大して示す断面図である。図2に示すように、半導体チップ30は幅W1が22.4mm程度で、厚さDが約0.3mmの極めて薄い板状であり、上述のホトダイオード4を多数有し（例えば16×16個の2次元配列）、隣接

する画素間のピッチW2が1.4mm程度の大面積（例えば22.4mm×22.4mm）のチップである。

【0022】

以上のように構成されたホトダイオードアレイ1は、ホトダイオード4が形成されていない裏面側から光Lが入射すると、その被検出光Lがアキュムレーション層8を通過して、pn接合部に達し、その入射光に応じたキャリアを各ホトダイオード4が生成する。このとき、アキュムレーション層8は、光Lの入射によって、n型シリコン基板3内部の光入射面（裏面）付近で発生したキャリアが光入射面やAR膜24との界面でトラップすることを抑制して、そのキャリアをpn接合部へ効率的に移動させて、ホトダイオードアレイ1の光検出感度を高めるように機能する。そして、生成されたキャリアによる光電流は、各p型不純物拡散層5に接続された電極配線9とUBM11を介してバンプ電極12から取り出される。このバンプ電極12からの出力によって、入射光の検出が行われる。

【0023】

上述のとおり、ホトダイオードアレイ1は入射面側において、各ホトダイオード4の対応領域に凹部6が設けられているため、非対応領域が対応領域よりも深さdに対応する大きさで突出している。そのため、ホトダイオードアレイ1は、半導体チップ30を平コレットに吸着してフリップチップボンディングを行う場合は、その非対応領域が平コレットに接触して、対応領域と平コレットとの隙間を確保するように機能するから、対応領域は非対応領域により保護され、平コレットに直接接触することはない。したがって、ホトダイオードアレイ1は対応領域が加圧によるストレスや加熱によるストレスを直接受けないので、その対応領域のアキュムレーション層8に物理的なダメージ（損傷）が及ぶことはなく、ホトダイオード4にそのようなダメージによる結晶欠陥等に起因する暗電流やノイズが発生することもない。よって、ホトダイオードアレイ1は、高精度な（S/N比が高い）光検出を行うことができる。

【0024】

また、後述するように、フリップチップボンディング以外、例えばホトダイオードアレイ1をシンチレータに一体化してCT用センサとする場合にも、シンチ

レータが直接対応領域に接触することができないから、シンチレータの取り付け時ににおけるダメージも回避することができる。

ところで、上述の凹部6は、ホトダイオード4毎に形成されているが、このようにするためには、n型シリコン基板3の裏面に、例えば、図13(a)に示すように、ホトダイオードの非対応領域を、対応領域に対して段差を有する連続した長い壁部13aを縦横に複数配置し、かつ十字状に交差させて形成すればよい。また、同図(b)に示すように非対応領域を、その辺部13b以外の部分に、複数の短い壁部13cを断続的に配置して形成してもよく、同図(c)に示すように、辺部13bに十字状壁部13dを配置して形成してもよい。さらに、図示はしないが、凹部6は大きく左右2つに分ける等して、複数の領域に分けて形成してもよい。

【0025】

このようにして凹部6を複数形成する場合、隣接する各凹部6は互いに非対応領域により完全に仕切られることなく連通しているとよい。そのためには、例えば非対応領域を、上述の壁部13c、十字状壁部13dを断続的に配置して形成すればよい。

また、隣接する各凹部6を連通させる代わりに、n型シリコン基板3の裏面側に、例えば、図14(a)に示すように、ホトダイオード4の対応領域全体を取り囲める位置に縁取りした枠状壁部13eを設けて、その内側全体が凹部6となるようにしてもよい。この枠状壁部13eの代わりに、同図(b)に示す一部欠落した枠状壁部13fを設けてもよい。これらの場合は、凹部6が互いに非対応領域により仕切られることなく形成される。

【0026】

一方、非対応領域は必ずしもそのすべてが凹部6よりも膜厚の厚い部分に設けられていることを要せず、その一部が、図14(a), (b)に示すように、凹部6に設けられていてもよい(枠状壁部13e, 13fのみが裏面からみた高さの高い部分に形成され、その他は凹部6に形成されている)。しかし、ホトダイオード4の対応領域は、そのすべてが凹部6に設けられていなければならない。

上述のように、壁部を断続的に配置して非対応領域を形成し、隣接する凹部6

が互いに仕切られることなく連通するようにすると、隣接する壁部同士の隙間が樹脂（例えば、後述のシンチレータパネル31を接着して放射線検出器50を設ける際の光学樹脂35）の逃げ道として機能する。したがって、n型シリコン基板3の裏面側に樹脂を塗布したときに、凹部6内にボイド（気泡）が発生し難くなり（ボイドが少なくなる）、その塗布した樹脂を各凹部6に偏りなく行き渡らせて均一に充填することができる。

【0027】

なお、図14(c)に示すように、壁部13aと枠状壁部13eとともに設けることもできるが、この場合は、各凹部6が非対応領域により仕切られることとなる。

次に、本実施形態に係るホトダイオードアレイ1の製造方法について、図3～図12に基づいて説明する。

まず、図3に示すように、150～500μm(好ましくは350μm)程度の厚さを有するn型シリコン基板3を準備して、そのn型シリコン基板3の表面および裏面にシリコン酸化膜(SiO₂)20を形成する(図4参照)。

【0028】

次に、n型シリコン基板3の片面(以下、この面が表面、その反対側の面が裏面となる)側のシリコン酸化膜20に、所定のホトマスクを用いたパターニングを行い、n⁺型不純物領域7を設けようとする領域のみ開口し、その開口された部分(開口部)からリンをドープしてn⁺型不純物領域7を設ける。この実施の形態では、裏面側にもn⁺型不純物領域7を形成しているが、表面側、裏面側ともn⁺型不純物領域7を設けない場合はこの工程(不純物領域形成工程)を省略してもよい。その後再び基板の表面および裏面にシリコン酸化膜21を形成する(図5参照)。このシリコン酸化膜21は後続の工程において、p型不純物拡散層5を形成する際のマスクとして利用される。

【0029】

続いて、表面側のシリコン酸化膜21に、所定のホトマスクを用いたパターニングを行い、各p型不純物拡散層5を形成しようとする領域のみ開口する。そして、その開口部からボロンをドープし、p型不純物拡散層5を縦横のアレイ状に

2次元配列で形成する。これにより、各p型不純物拡散層5とn型シリコン基板3のpn接合によるホトダイオード4が表面側において、縦横のアレイ状に2次元配列で形成され、このホトダイオード4が画素に対応する部分となる。その後再び基板の表面にシリコン酸化膜22を形成する（図6参照）。

【0030】

次に、n型シリコン基板3の全体の厚さが所定の厚さ（30～300μm程度）になるまで裏面を研磨してn型シリコン基板3の薄型（薄板）化を行い、続いて、n型シリコン基板3の表面および裏面に、LP-CVD（またはプラズマCVD）によりシリコン窒化膜（SiN）23を形成する（図7参照）。そして、所定のホトマスクを用いたパターニングを行い、裏面側に、各凹部6を形成しようとする部分、すなわち、ホトダイオード4の対応領域からシリコン窒化膜23を除去して、各凹部6を形成しない部分、すなわち、ホトダイオード4の非対応領域にのみシリコン窒化膜23を残す（図8参照）。この工程で、シリコン窒化膜23の残される領域を適宜変更することにより非対応領域を上述した種々のパターンで形成することができる。

【0031】

そして、水酸化カリウム溶液（KOH）やTMAH等を用い、残されたシリコン窒化膜23をマスクに用いて、n型シリコン基板3に異方性アルカリエッチングを行い、シリコン窒化膜23に被覆されていなかった部分に、上述の凹部6を設ける。その後、残されたシリコン窒化膜23を基板の表面および裏面から除去する。続いて、裏面側にn型イオン種（例えば、リンや砒素）をイオン注入等を行い、それを0.05～数μm程度の深さまで拡散させてn型シリコン基板3よりも不純物濃度が高い上述のアクチュエーション層8を形成する。さらに、再度熱酸化等を行い、裏面側にAR膜24を形成する（図9参照）。

【0032】

さらに、ホトエッチング技術により各ホトダイオード4の形成領域において、各p型不純物拡散層5へつながる>Contactホールをシリコン酸化膜22に形成する。続いて、蒸着により、アルミニウム金属膜を表面側の全体に形成した上で所定のホトマスクを用いてパターニングを行い、その金属膜の不要な部分を除去

して電極配線9を形成する（図10参照）。そして、表面側にプラズマCVDやスパッタによりパッシベーション膜2となるSiN₂5を形成する。

【0033】

続いて、そのSiN₂5の所定の位置にコンタクトホールを形成し、電極取り出し部にする（図11参照）。さらに、バンプ電極12を設けるが、そのバンプ電極12として半田を用いる場合、半田はアルミニウムに対する濡れ性が悪いので上記各電極取り出し部とバンプ電極12を仲介するためのUBM11を各電極取り出し部に形成し、そのUBM11に重ねてバンプ電極12を形成する（図12参照）。以上の工程を経ることにより、実装時におけるダメージに起因するノイズや暗電流が発生せず、高精度な光検出を行えるホトダイオードアレイ1を製造することができる。

【0034】

この場合、UBM11は、無電解メッキにより、Ni-Auを形成するが、リフトオフ法により、Ti-Pt-AuやCr-Auを形成してもよい。また、バンプ電極12は半田ボール搭載法や印刷法で所定のUBM11に半田を形成し、リフロすることによって得られる。なお、バンプ電極12は、半田に限られるものではなく、金バンプ、ニッケルバンプ、銅バンプでもよく、導電性フィラー等の金属を含む導電性樹脂バンプでもよい。なお、図にはアノード電極取り出しのみを示しているが、カソード（基板）電極もアノード電極と同様に、n⁺型不純物領域7から取り出すことができる（図示せず）。また、図では、アノード電極のバンプ電極12をn⁺型不純物領域7のエリアに形成した場合を示しているが、アノード電極のバンプ電極12は、p型不純物拡散層5のエリアに形成してもよい。

【0035】

次に、本発明の放射線検出器の第1の実施形態について説明する。

図23は、本実施形態に係る放射線検出器50の側断面図である。この放射線検出器50は、放射線を入射して、その放射線によって生じた光を光出射面31aから出射するシンチレータパネル31と、シンチレータパネル31から出射された光を光入射面から入射し、電気信号に変換する上述のホトダイオードアレイ

1とを備えている。この放射線検出器50は、本発明に係るホトダイオードアレイ1を備えることを特徴としている。

【0036】

シンチレータパネル31はホトダイオードアレイ1の裏面側（入射面側）に取り付けられているが、ホトダイオードアレイ1は、その裏面側に上述した凹部6が設けられている。そのため、シンチレータパネル31の裏面、すなわち、光出射面31aは、ホトダイオードアレイ1の非対応領域に当接しても、ホトダイオード4の対応領域に直接接することはない。また、シンチレータパネル31の光出射面31aと、凹部6との隙間には光が十分透過するように特性を考慮した屈折率を有する光学樹脂35が充填され、この光学樹脂35により、シンチレータパネル31から出射された光が効率よくホトダイオードアレイ1に入射するようになっている。この光学樹脂35はシンチレータパネル31から出射された光を透過する性質を有するエポキシ樹脂や、アクリル樹脂、ウレタン樹脂、シリコン樹脂、フッ素樹脂等を用いることができ、これらの複合材料を用いてもよい。

【0037】

そして、ホトダイオードアレイ1を図示しない実装配線基板上にポンディングする際には平コレットで表面を吸着する。しかし、ホトダイオードアレイ1の裏面には、上述した凹部6が設けられているため、平コレットの吸着面が直接対応領域に接することはなく、またシンチレータパネル31を取り付けたことによってその光出射面31aがホトダイオード4の対応領域に直接接することもない。したがって、このようなホトダイオードアレイ1とシンチレータパネル31とを有する放射線検出器50は、実装時における対応領域のダメージによるノイズや暗電流増加等の発生を防止することができるから、光検出が精度よく行われ、放射線の検出も精度良く行える。

【0038】

（第2の実施形態）

次に、ホトダイオードアレイとその製造方法の第2の実施形態について説明する。

本実施形態では、図15に示すように、光Lの入射面の反対面側（表面側）に

表面側凹部45を設けたn型シリコン基板43を有するホトダイオードアレイ41を対象としている。なお、このホトダイオードアレイ41は、ホトダイオードアレイ1と共通部分を有するので、以下の説明は双方の相違点を中心に行い、共通部分については、その説明を省略ないし簡略化する。

【0039】

ホトダイオードアレイ41は、n型シリコン基板43の表面側に、表面側凹部45が、縦横の規則正しいアレイ状に2次元配列で形成されている。各表面側凹部45はその周囲の領域よりも厚さが薄くなるように窪ませて形成したもので、1.4～1.5mm程度の配置間隔で形成されている。そして、そのそれぞれの底部45aに上述のホトダイオード4が一つづつ形成されることによって、ホトダイオード4がアレイ状に2次元配列されたホトダイオードアレイ41を構成している。

【0040】

各表面側凹部45は、表面側において、例えば1mm×1mm程度の大きさの矩形状開口部を有し、その開口部からその底部45aに向かい（表面側から裏面側に向かって）開口寸法が漸次縮小するように窪んで形成され、その底部45aまでの深さは例えば50μm程度になっている。こうすることにより、表面側凹部45は、斜面状の側面45bを有している。また、表面側には、ホトダイオード4それについて、p型不純物拡散層5に電気的に接続された電極配線9が側面45bに沿って形成されている。この電極配線9にホトダイオードアレイ1と同様にパッシベーション膜2の所定の位置に開口部が形成され、さらに、UBM11を介してバンプ電極12が電気的に接続されている。また、ホトダイオード4、4の間に、n⁺型不純物領域7も設けられている。

【0041】

一方、ホトダイオードアレイ41は、裏面側ではその全体にアキュムレーション層8が形成され、重ねてAR膜24が形成されている。このアキュムレーション層8、AR膜24とともに、上述したホトダイオードアレイ1と同様である。そして、ホトダイオード4の対応領域に、各表面側凹部45と対応するようにして上述の凹部6がホトダイオード4毎に分けて複数設けられている。この凹部6も

上述したホトダイオードアレイ1と同様である。

【0042】

図16は、ホトダイオードアレイ41を構成する半導体チップ36の側面図およびその要部を拡大して示す断面図である。図16に示すように、半導体チップ36は、幅W1が22.4mm程度で、厚さDが約150～300μmの極めて薄い板状であり、上述のホトダイオード4を多数有し（16×16個の2次元配列）、隣接する画素間のピッチW2が1.4mm程度の大面積（例えば22.4mm×22.4mm）のチップである。

以上のように構成されたホトダイオードアレイ41は、ホトダイオード4が形成されていない裏面側から光Lが入射すると、ホトダイオードアレイ1と同様にその被検出光Lがアキュムレーション層8を通過してpn接合部に達し、その入射光に応じたキャリアを各ホトダイオード4が生成する。このとき、pn接合部が表面側凹部45の底部45aに設けられているのでn型シリコン基板43の裏面からホトダイオード4までの距離が短縮されている（例えば、10～100μm程度）。したがって、ホトダイオードアレイ41は光Lの入射により発生するキャリアが移動する過程において、再結合により消滅してしまう事態が抑制され、そのことにより、検出感度を高く維持できるようになっている。

【0043】

また、アキュムレーション層8により、光Lの入射によって、n型シリコン基板43内部の光入射面（裏面）付近で発生したキャリアが再結合することなくpn接合部へ無駄なく効率的に移動することになるから、ホトダイオードアレイ41は、光検出感度が一層高くなっている（ただし、アキュムレーション層8を設けていなくても、ホトダイオードアレイ41は実用上十分許容しえる程度の検出感度を有している）。

なお、生成されたキャリアによる光電流は各p型不純物拡散層5に接続された電極配線9とUBM11を介してバンプ電極12から取り出される。このバンプ電極12からの出力によって、入射光の検出が行われる。この点については、ホトダイオードアレイ1と同様である。

【0044】

このホトダイオードアレイ41も、ホトダイオードアレイ1と同様に、各ホトダイオード4の対応領域に凹部6が設けられているため、その半導体チップ36を平コレットに吸着してフリップチップボンディングを行う場合は、ホトダイオード4の対応領域が非対応領域により保護され、平コレットに直接接触することはない。したがって、ホトダイオードアレイ41は対応領域が加圧によるストレスや加熱によるストレスを直接受けないので、その対応領域のアキュムレーション層8に物理的なダメージ（損傷）が及ぶことはなく、ホトダイオード4にそのようなダメージに起因するノイズや暗電流等が増加することもない。よって、ホトダイオードアレイ41は高精度な（S/N比が高い）光検出を行うことができる。また、フリップチップボンディング以外、例えばホトダイオードアレイ41をシンチレータに一体化してCT用センサとする場合にも、シンチレータが直接対応領域に接触することがないから、シンチレータの取り付け時におけるダメージも回避することができる。

【0045】

次に、本実施形態に係るホトダイオードアレイ1の製造方法について、図3～図6、図17～図22に基づいて説明する。なお、図示の都合上、図面の一部のハッチングを省略している。

まず、図3～図6までの各工程をホトダイオードアレイ1と同様にして実行する。次に、n型シリコン基板3の厚さが所定の厚さになるまで裏面を研磨してn型シリコン基板3の薄型（薄板）化を行う。続いて、n型シリコン基板3の表面および裏面に、LP-CVD（またはプラズマCVD）によりシリコン窒化膜（SiN）23を形成し、さらに続いて表面側のシリコン酸化膜22とシリコン窒化膜23について、所定のホトマスクを用いてパターニングを行い、各表面側凹部45を形成しようとする領域のみ開口する（図17参照）。

【0046】

次に、n型シリコン基板3の表面において、その各p型不純物拡散層5が形成されている領域を対象として、p型不純物拡散層5の枠状周辺部5aが残るように、その内側をアルカリエッチングにより除去して表面側凹部45を形成し、これによってn型シリコン基板43を得る。すると、表面側凹部45の開口部に、

p型不純物の拡散した領域として枠状周辺部5aが形成され、それに続く側面45bと、底部45aが形成される。なお、枠状周辺部5aは必須というわけではないが、これを形成すると表面側凹部45の凹部エッチングのエッジ部分でのダメージにより発生する暗電流や雑音を防止する効果が得られる。なお、図15、16、24ではホトダイオードアレイチップに、枠状周辺部5aがない場合を例として示している。

【0047】

次いで、形成された各表面側凹部45の底部45aにボロン等をドープする。これにより、各表面側凹部45の底部45aにp型不純物拡散層5bが形成されることとなり、表面側に、そのp型不純物拡散層5bとn型シリコン基板43のpn接合によるホトダイオード4が縦横のアレイ状に2次元配列で形成される。さらに熱酸化を行い、表面側のシリコン窒化膜23で被覆されていなかった部分にシリコン酸化膜22を形成する。なお、このとき、図示はしないが裏面側のシリコン窒化膜23にもシリコン酸化膜が形成される。

【0048】

さらに続いて、裏面側のシリコン窒化膜23に、所定のホトマスクを用いたパターニングを行い、各凹部6を形成しようとする部分のシリコン窒化膜23を裏面側から除去して、各凹部6を形成しない部分にのみシリコン窒化膜23を残す（図18参照）。この工程で、シリコン窒化膜23の残される領域を適宜変更することによって、非対応領域を上述した種々のパターンで形成することができる。

【0049】

そして、水酸化カリウム溶液（KOH）やTMAH等を用い、残されたシリコン窒化膜23をマスクに用いて、n型シリコン基板3の裏面側を対象とする異方性アルカリエッチングを行い、シリコン窒化膜23に被覆されていなかった部分に、周囲の領域よりも窪んだ上述の凹部6を形成する。その後、残されたシリコン窒化膜23を基板の表面および裏面から除去する。さらに、裏面側に、第1の実施形態と同様の要領でn型イオン種のイオン注入等を行い、n型シリコン基板43よりも不純物濃度が高い上述のアキュムレーション層8を形成する。さらに

、再度熱酸化を行い、裏面側にAR膜24を形成する（図19参照）。

【0050】

そして、ホトエッチング技術により各ホトダイオード4の形成領域において、各p型不純物拡散層5bへつながるコンタクトホールを表面側のシリコン酸化膜22に形成する。続いて、蒸着によりアルミニウム金属膜を表面側全体に形成した上で、所定のホトマスクを用いてパターニングを行い、その金属膜の不要な部分を除去して電極配線9を形成する（図20参照）。そして、表面側にプラズマCVDやスパッタ等により、パッシベーション膜2となるSiN25を形成し、次いでそのSiN25の所定の位置にコンタクトホールを形成し、電極取り出し部を形成する（図21参照）。さらに、第1の実施形態と同様の要領で、各電極取り出し部にUBM11を形成し、そのUBM11に重ねてバンプ電極12を形成すると（図22参照）、実装時におけるダメージに起因するノイズや暗電流等が増加せず、高精度な光検出を行えるホトダイオードアレイ41を製造することができる。なお、図には、アノード電極の取り出しのみを示しているが、カソード（基板）電極もアノード電極と同様に、n⁺型不純物領域7から取り出すことができる（図示せず）。

【0051】

次に、本発明の放射線検出器の第2の実施形態について説明する。

図24は、本実施形態に係る放射線検出器55の側断面図である。この放射線検出器55は、放射線を入射して、その放射線によって生じた光を光出射面31aから出射するシンチレータパネル31と、シンチレータパネル31から出射された光を光入射面から入射し、電気信号に変換する上述のホトダイオードアレイ41とを備えている。この放射線検出器55は、本発明に係るホトダイオードアレイ41を備えることを特徴としている。

【0052】

シンチレータパネル31はホトダイオードアレイ41の裏面側（入射面側）に取り付けられているが、ホトダイオードアレイ41は、その裏面側に上述した凹部6が設けられている。そのため、シンチレータパネル31の裏面、すなわち、光出射面31aは、ホトダイオード4の対応領域に直接接することはない。また

シンチレータパネル31の光出射面31aと、凹部6との隙間には第1の実施形態と同様の光学樹脂35が充填され、この光学樹脂35により、シンチレータパネル31から出射された光が効率よくホトダイオードアレイ41に入射するようになっている。

【0053】

そして、ホトダイオードアレイ41を図示しない実装配線基板上にボンディングする際には平コレットで表面を吸着する。しかし、ホトダイオードアレイ41の裏面には、上述した凹部6が設けられているため、平コレットの吸着面が直接対応領域に接することではなく、またシンチレータパネル31を取り付けたことによってその光出射面31aがホトダイオード4の対応領域に直接接することもない。したがって、このようなホトダイオードアレイ41とシンチレータパネル31とを有する放射線検出器55は、実装時における対応領域のダメージによるノイズや暗電流等の増加を防止することができるから、光検出が精度よく行われ、放射線の検出も精度良く行える。

【0054】

【発明の効果】

以上詳述したように本発明によれば、ホトダイオードアレイおよびその製造方法並びに放射線検出器において、実装時におけるホトダイオードの対応領域のダメージによるノイズや暗電流等の増加を効果的に防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

第1の実施形態に係るホトダイオードアレイの要部を拡大して模式的に示す断面図である。

【図2】

第1の実施形態に係るホトダイオードアレイを構成する半導体チップの側面図およびその要部を拡大して示す断面図である。

【図3】

第1の実施形態のホトダイオードアレイの製造工程を示す要部拡大断面図である。

【図4】

図3の後続の工程を示す要部拡大断面図である。

【図5】

図4の後続の工程を示す要部拡大断面図である。

【図6】

図5の後続の工程を示す要部拡大断面図である。

【図7】

図6の後続の工程を示す要部拡大断面図である。

【図8】

図7の後続の工程を示す要部拡大断面図である。

【図9】

図8の後続の工程を示す要部拡大断面図である。

【図10】

図9の後続の工程を示す要部拡大断面図である。

【図11】

図10の後続の工程を示す要部拡大断面図である。

【図12】

図11の後続の工程を示す要部拡大断面図である。

【図13】

第1の実施形態に係るホトダイオードアレイを模式的に示す平面図で、(a)は連続した壁部を縦横に配置し十字状に交差させて非対応領域を設けた場合、(b)は辺部以外の部分に壁部を断続的に配置して設けた場合、(c)は辺部に十字状壁部を配置して設けた場合である。

【図14】

第1の実施形態に係るホトダイオードアレイを模式的に示す別の平面図で、(a)は対応領域全体を取り囲める位置に縁取りした枠状壁部を設けた場合、(b)は(a)の一部欠落した枠状壁部を設けた場合、(c)は図13(a)と図14(a)の壁部をともに設けた場合である。

【図15】

第2の実施形態に係るホトダイオードアレイの要部を拡大して模式的に示す断面図である。

【図16】

第2の実施形態に係るホトダイオードアレイを構成する半導体チップの側面図およびその要部を拡大して示す断面図である。

【図17】

第2の実施形態のホトダイオードアレイの製造過程の途中の工程を示す要部拡大断面図である。

【図18】

図17の後続の工程を示す要部拡大断面図である。

【図19】

図18の後続の工程を示す要部拡大断面図である。

【図20】

図19の後続の工程を示す要部拡大断面図である。

【図21】

図20の後続の工程を示す要部拡大断面図である。

【図22】

図21の後続の工程を示す要部拡大断面図である。

【図23】

本発明に係るホトダイオードアレイを有する第1の実施形態に係る放射線検出器の要部を拡大して模式的に示す断面図である。

【図24】

本発明に係るホトダイオードアレイを有する第2の実施形態に係る放射線検出器の要部を拡大して模式的に示す断面図である。

【図25】

半導体チップをコレットにより吸着した状態を模式的に示し、(a)は平コレットにより吸着した状態を示す断面図、(b)は角錐コレットにより吸着した状態を示す断面図である。

【図26】

従来技術のホトダイオードアレイを示す斜視図である。

【図27】

図26のD-D線断面図である。

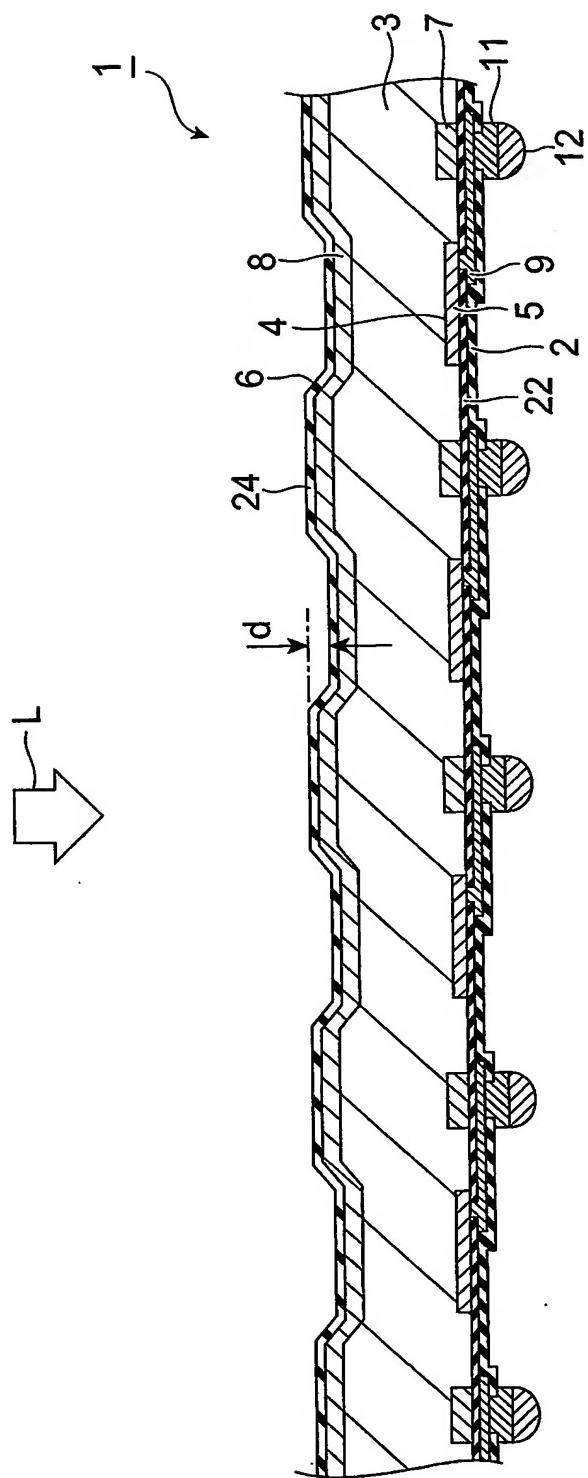
【符号の説明】

- 1, 4 1 …ホトダイオードアレイ
- 3, 4 3 …n型シリコン基板
- 4 …ホトダイオード、 5 …p型不純物拡散層
- 6 …凹部、 7 …n⁺型不純物領域
- 8 …アクスルレーショントラップ層
- 3 1 …シンチレータパネル、 3 5 …光学樹脂
- 4 5 …表面側凹部、 4 5 a …底部
- 5 0, 5 5 …放射線検出器

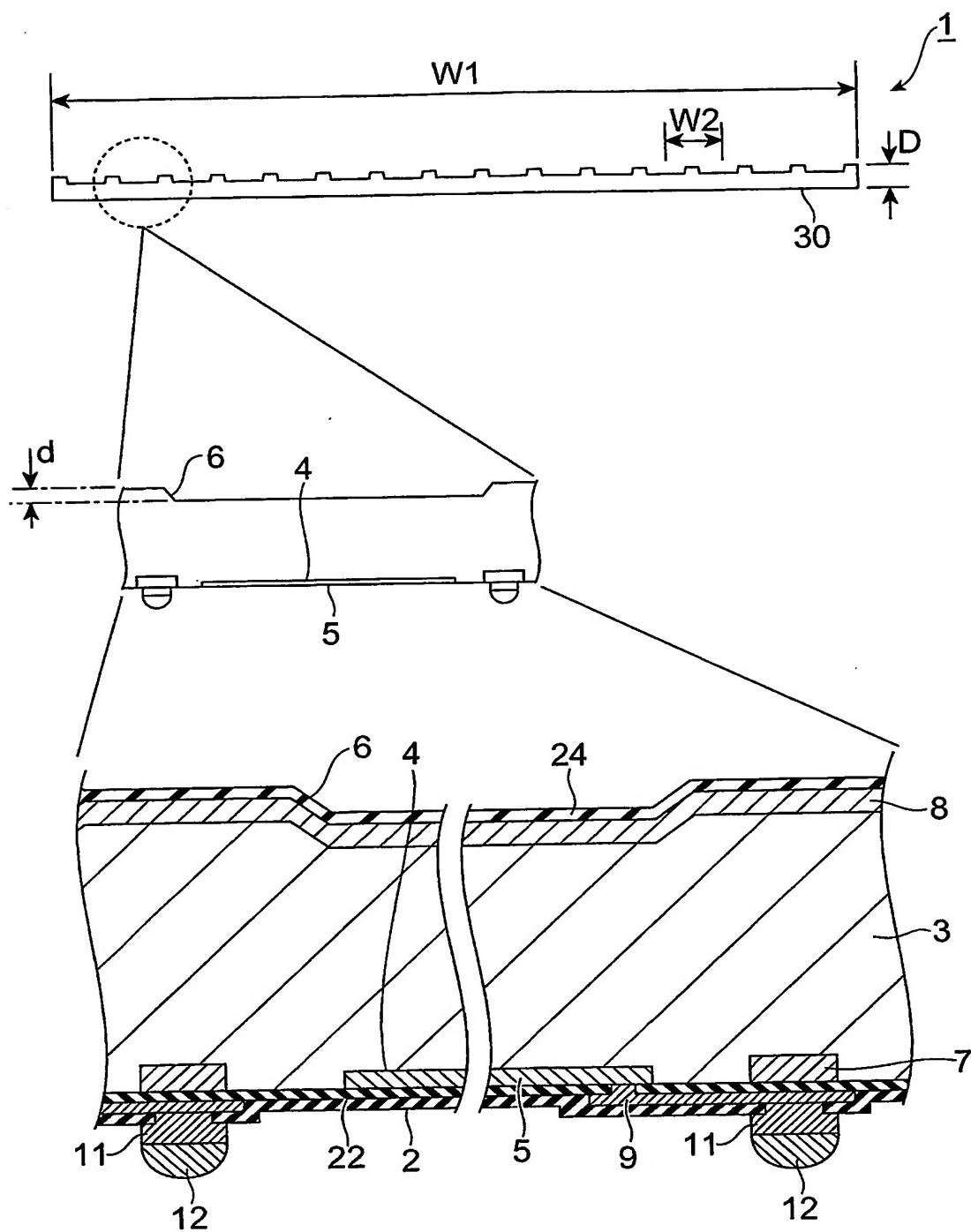
【書類名】

図面

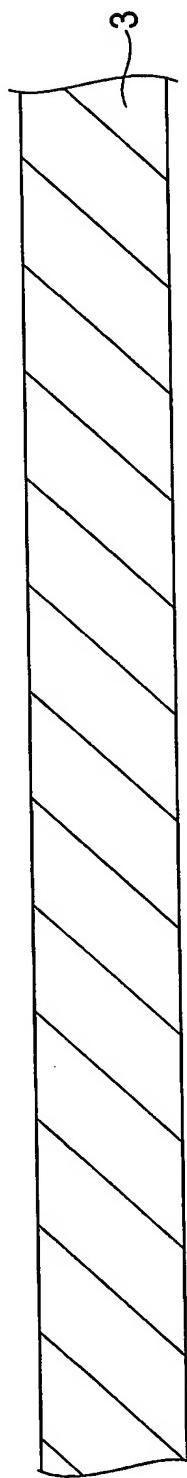
【図 1】



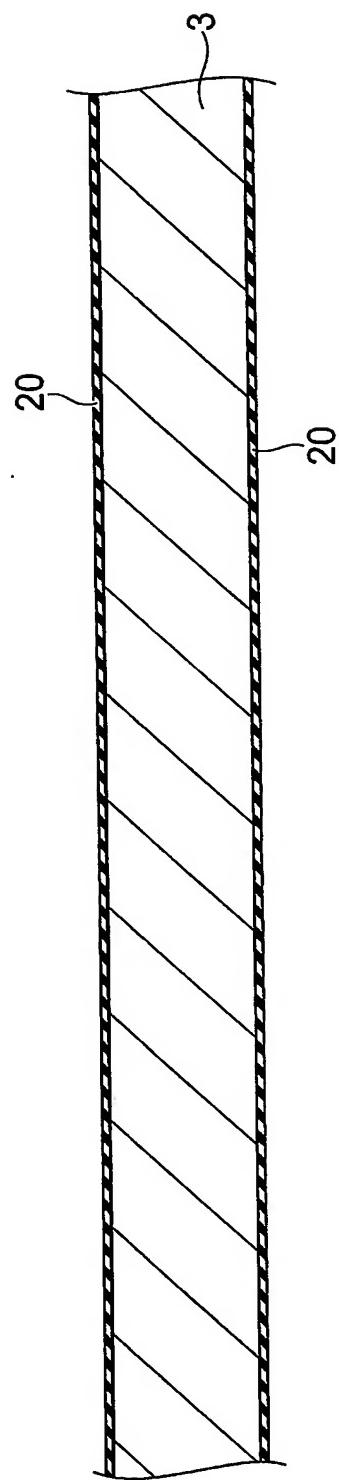
【図2】



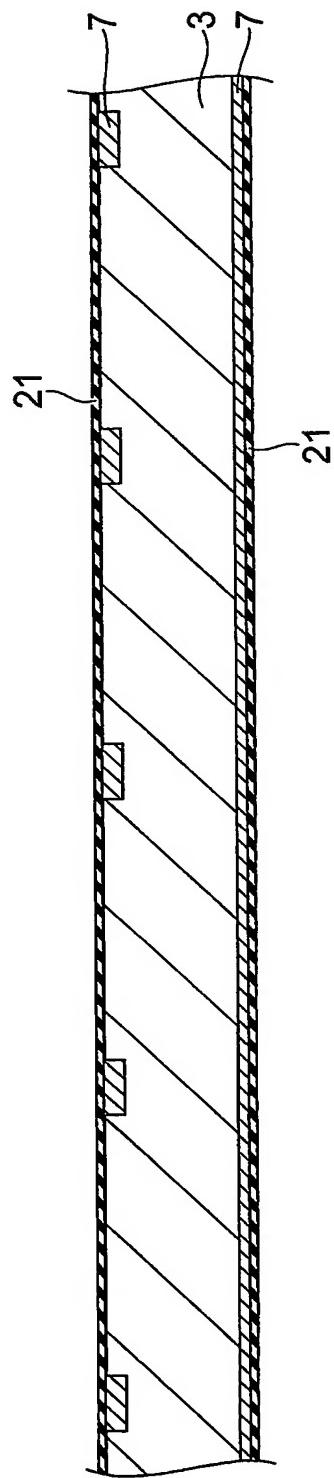
【図3】



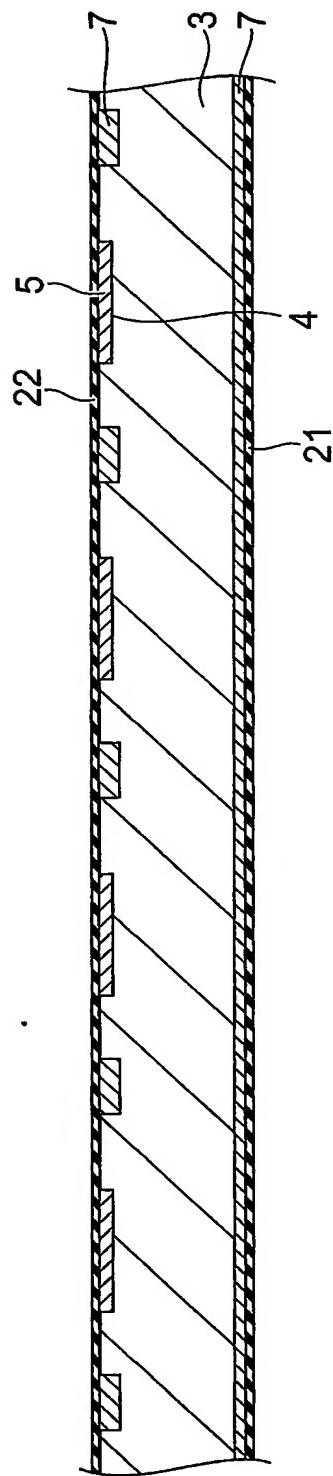
【図4】



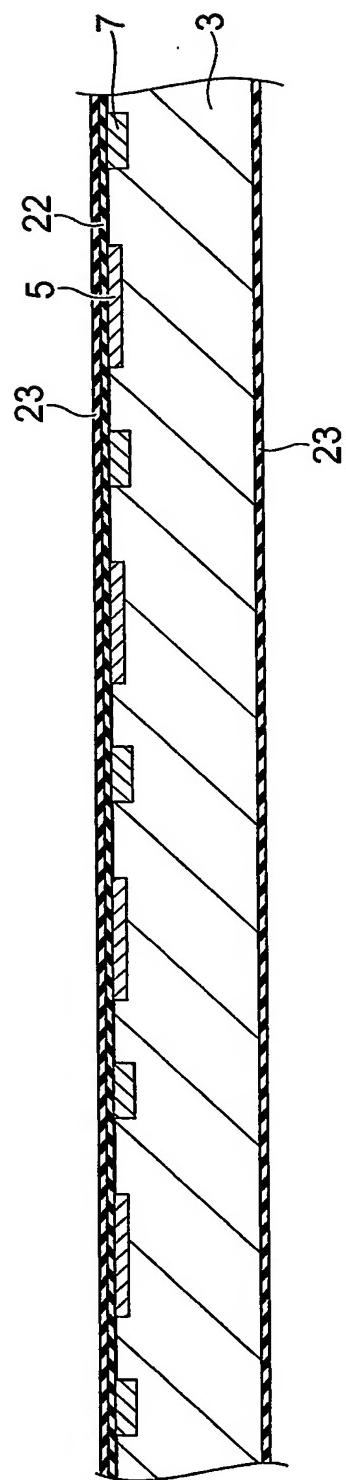
【図 5】



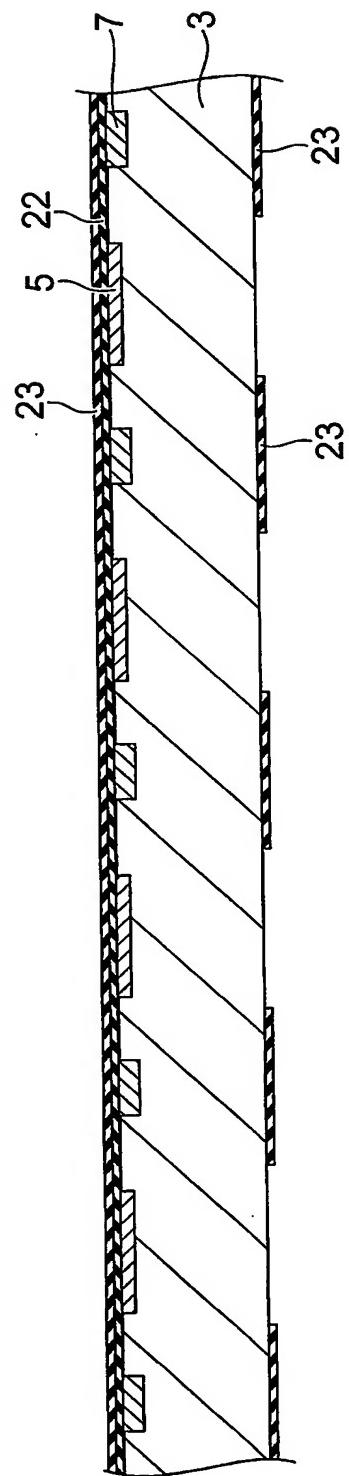
【図 6】



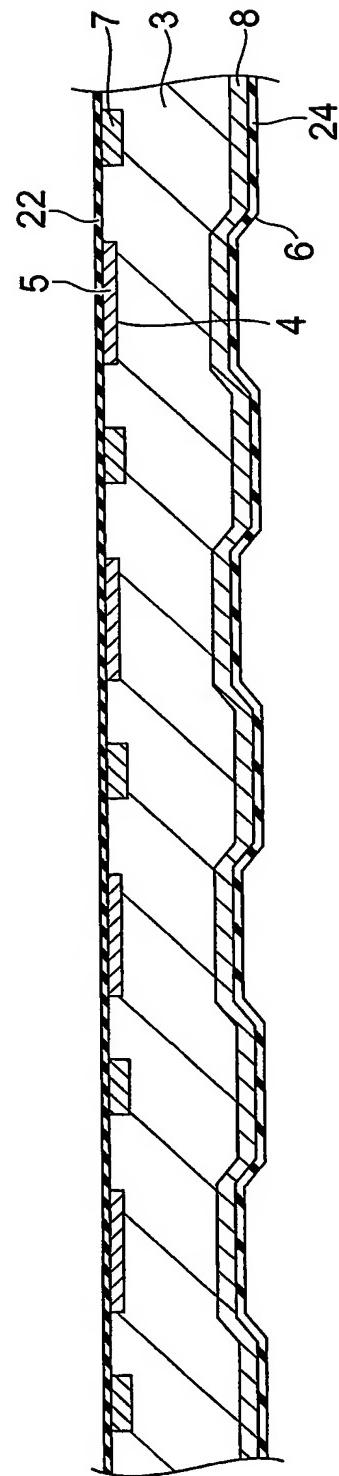
【図 7】



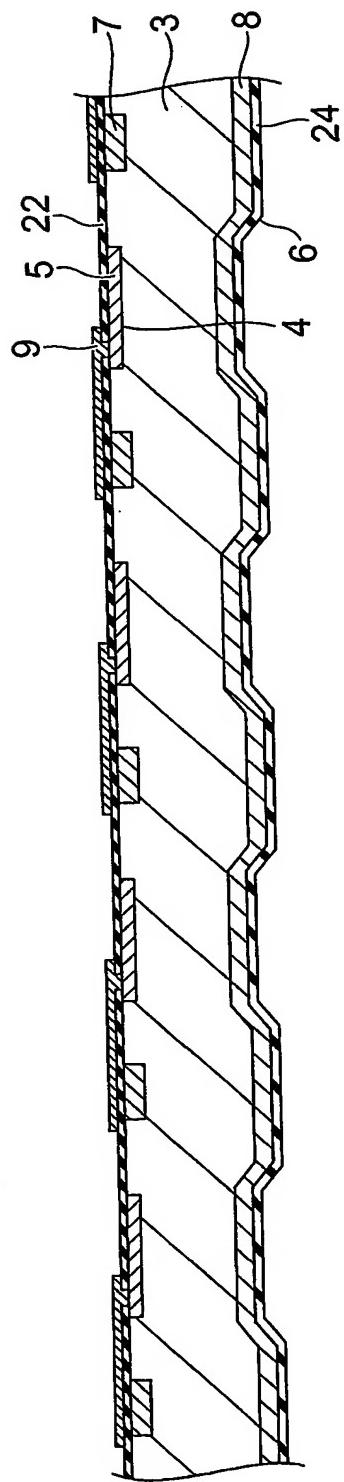
【図 8】



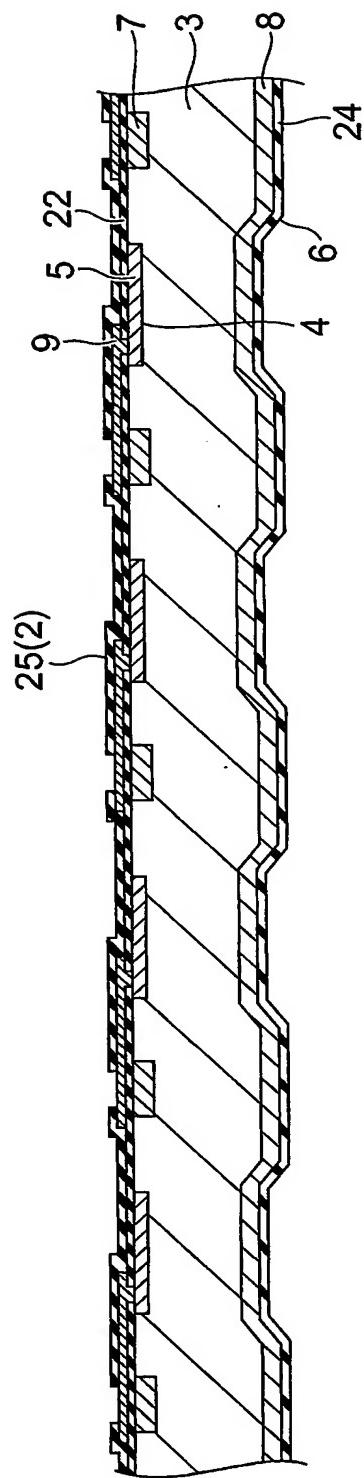
【図9】



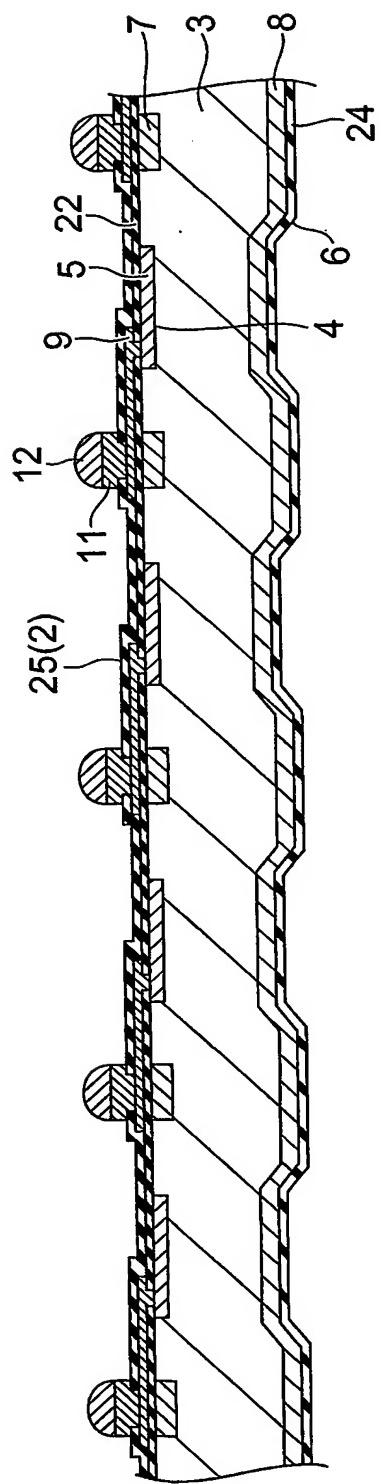
【図10】



【図 11】

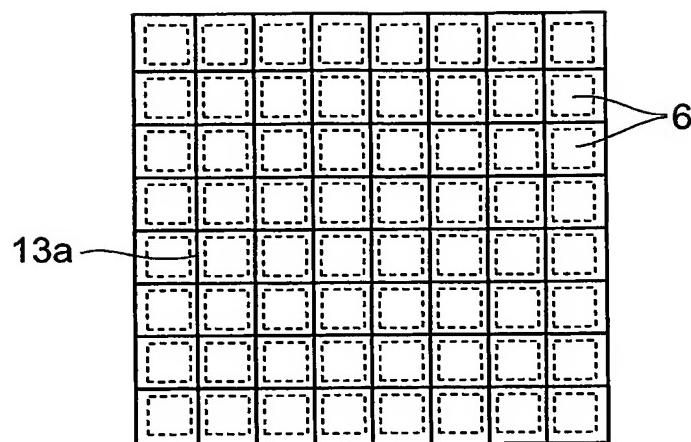


【図12】

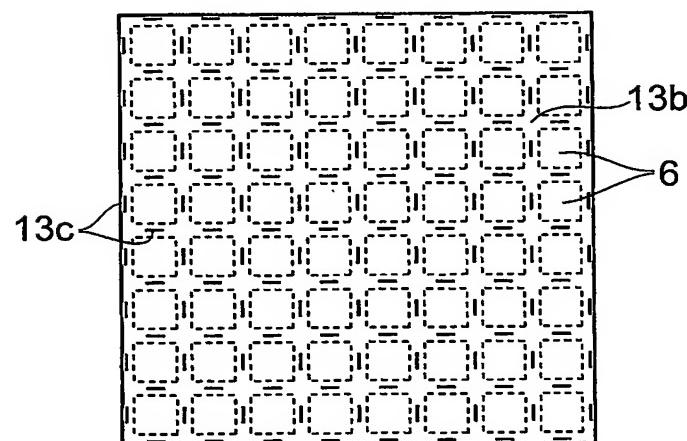


【図13】

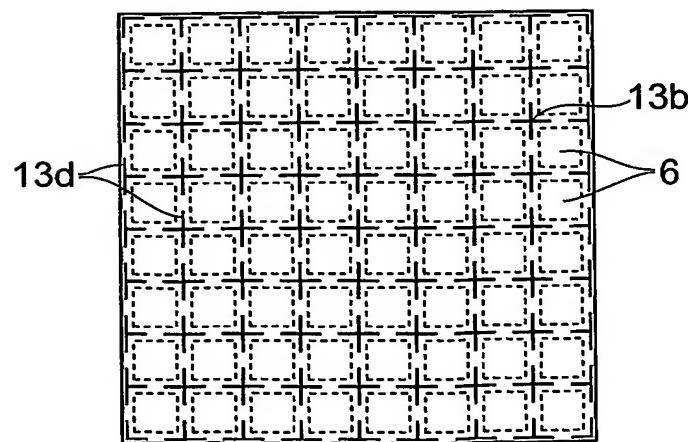
(a)



(b)

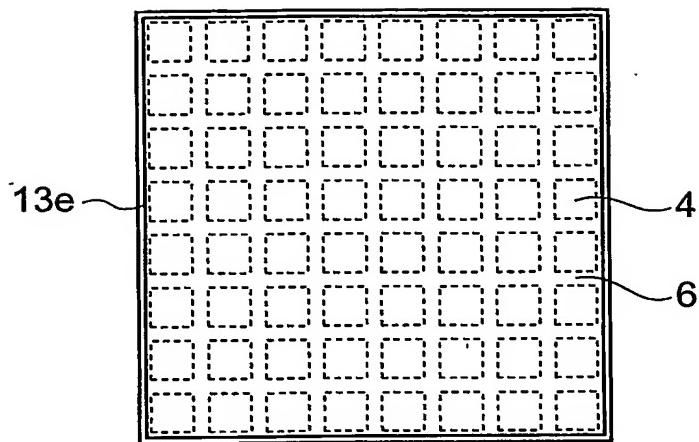


(c)

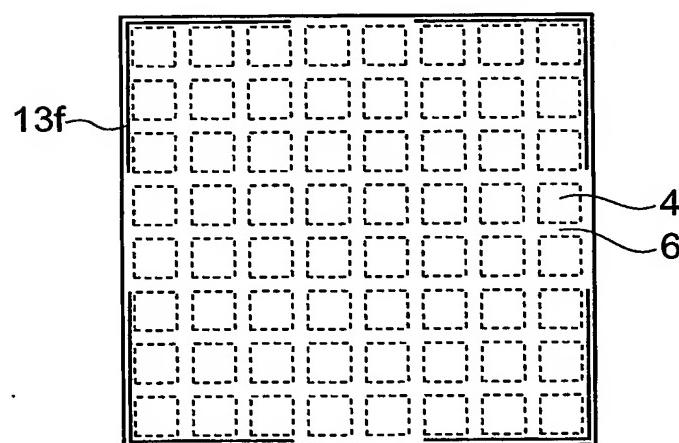


【図 14】

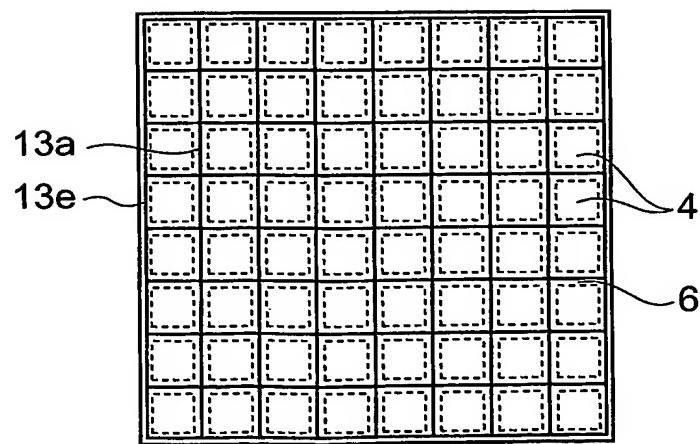
(a)



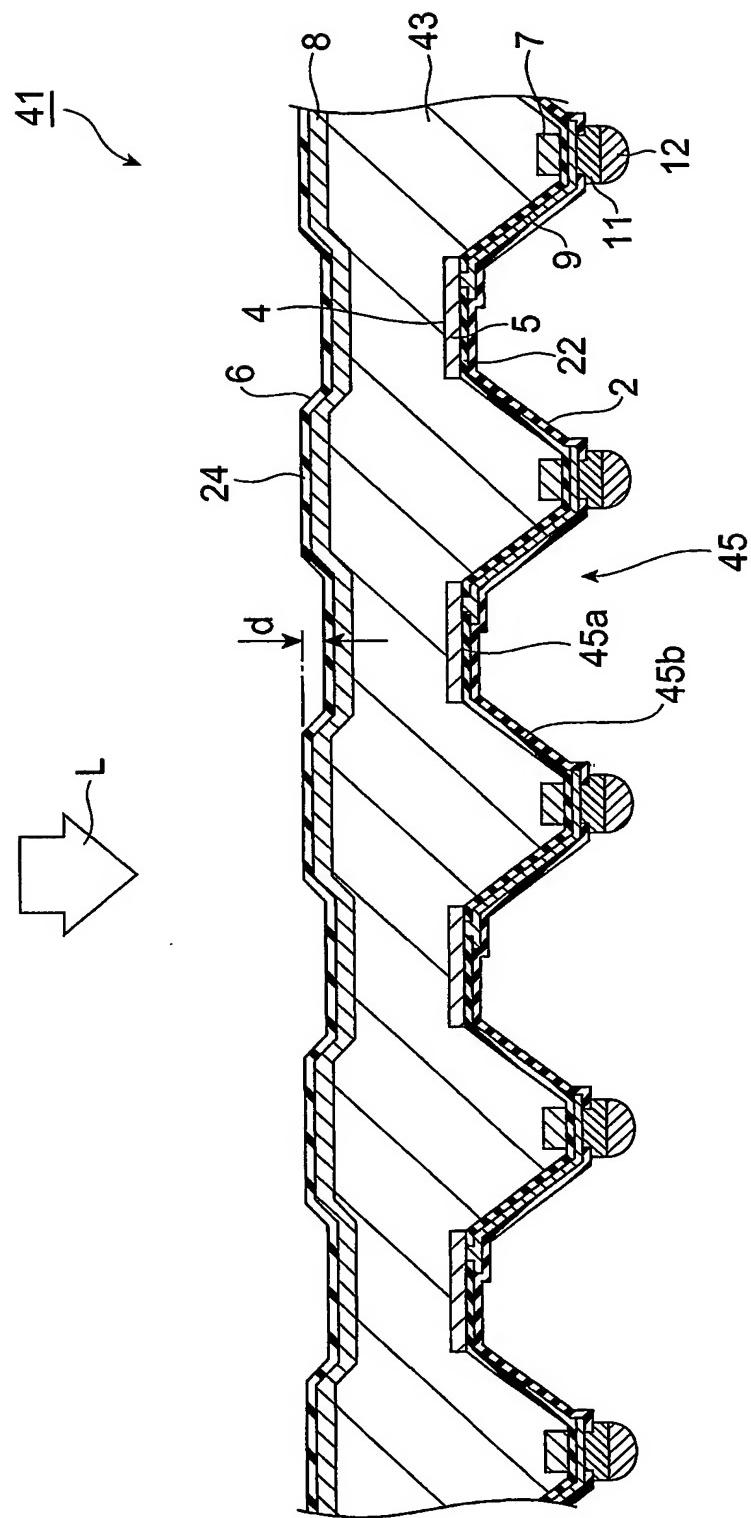
(b)



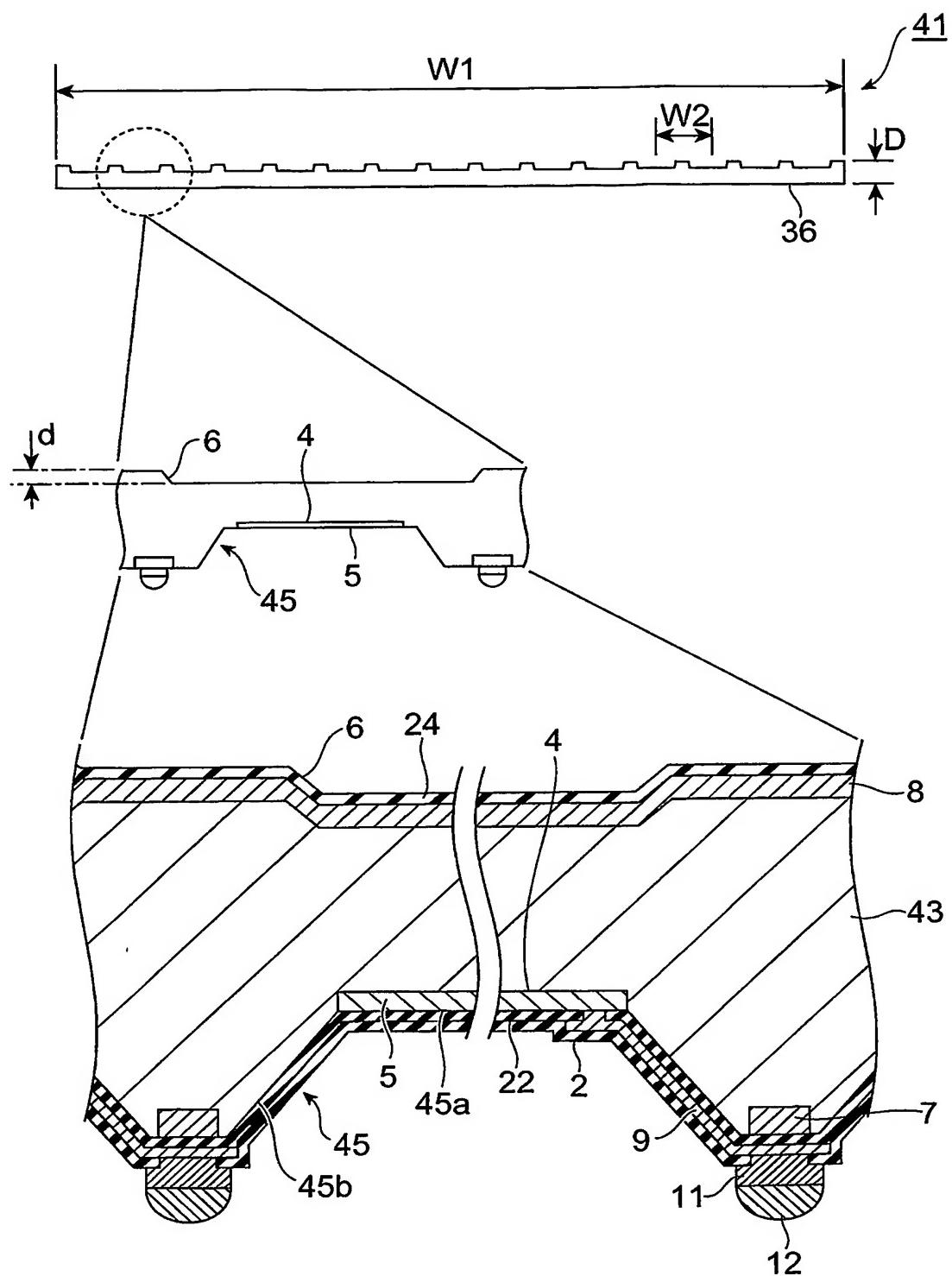
(c)



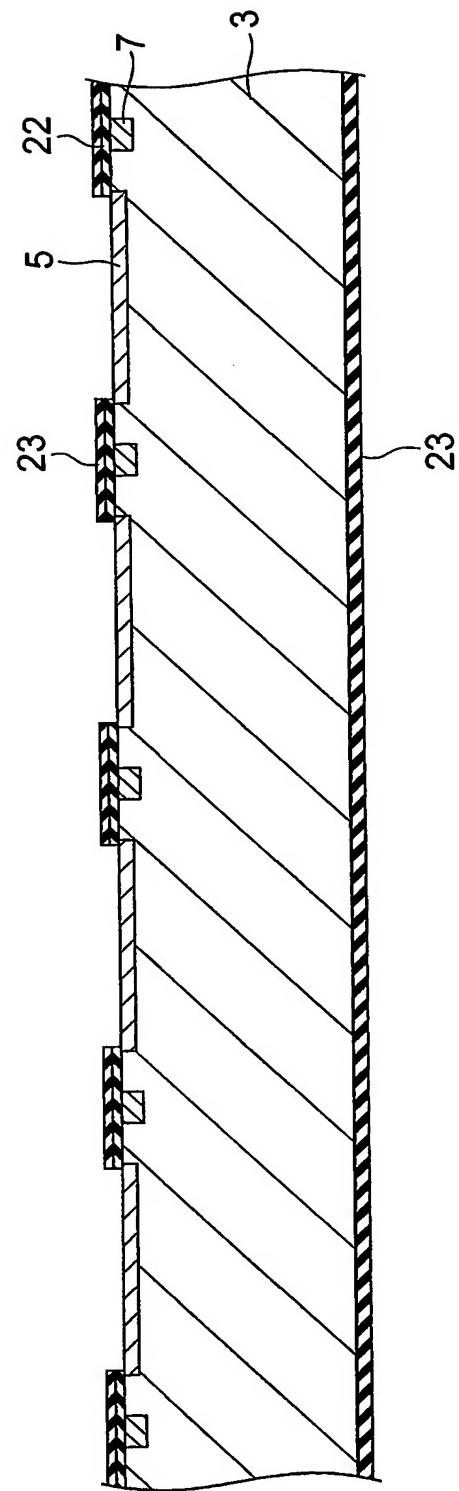
【図15】



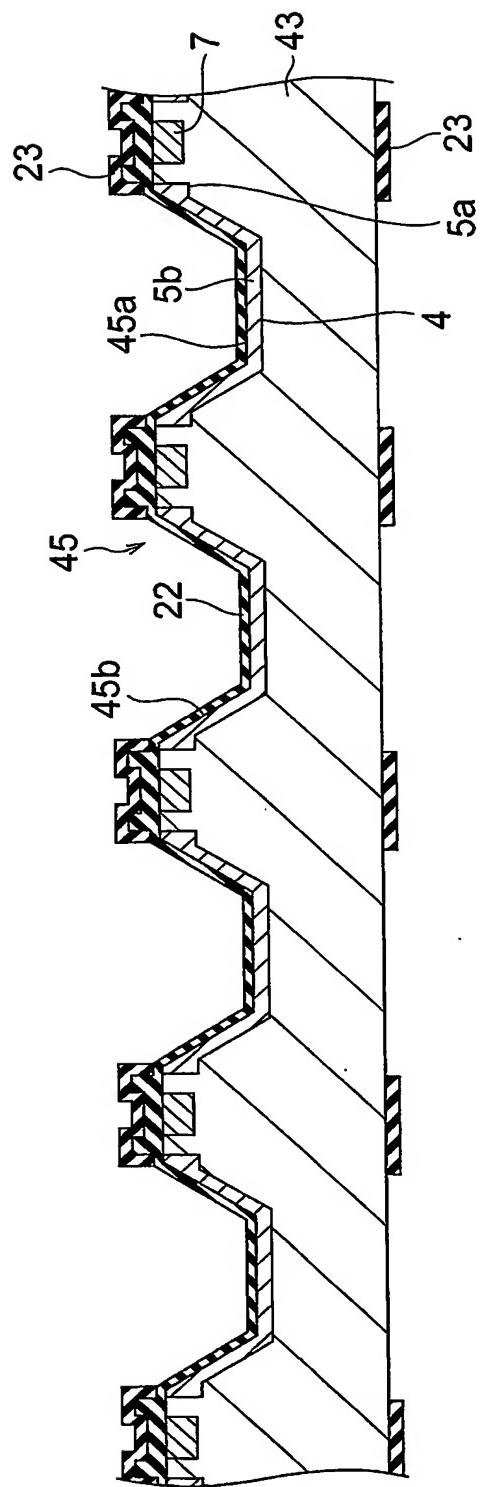
【図16】



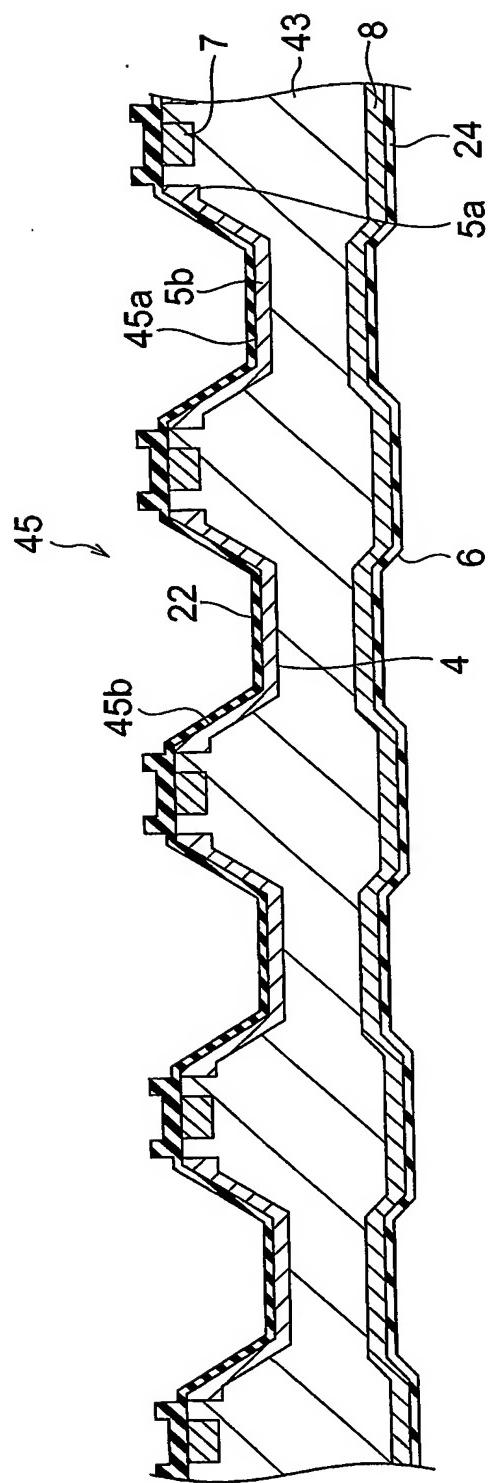
【図17】



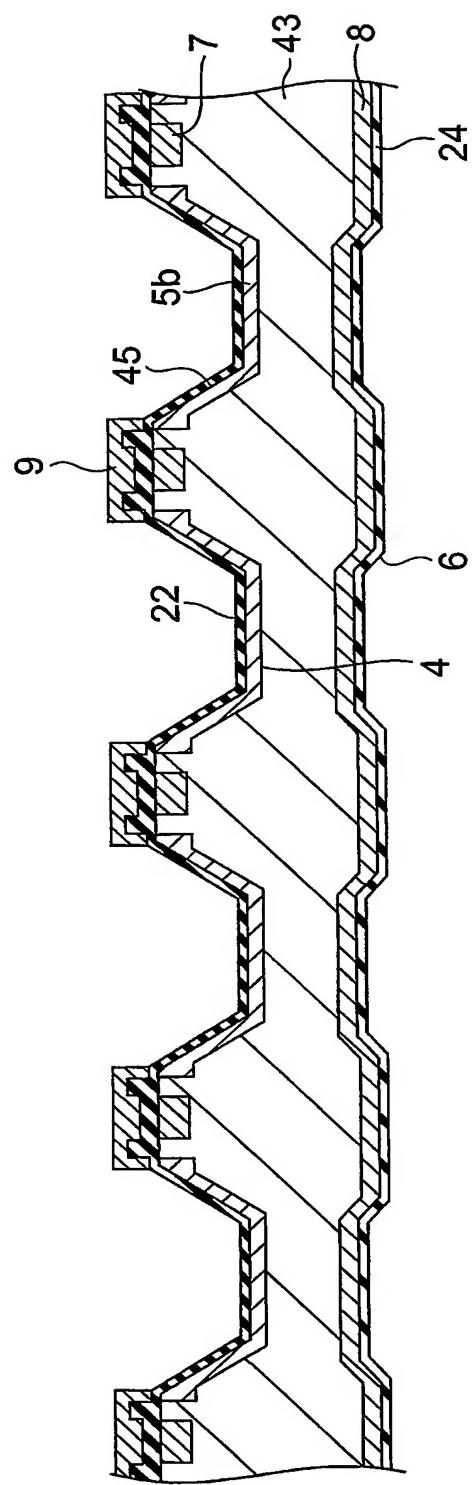
【図18】



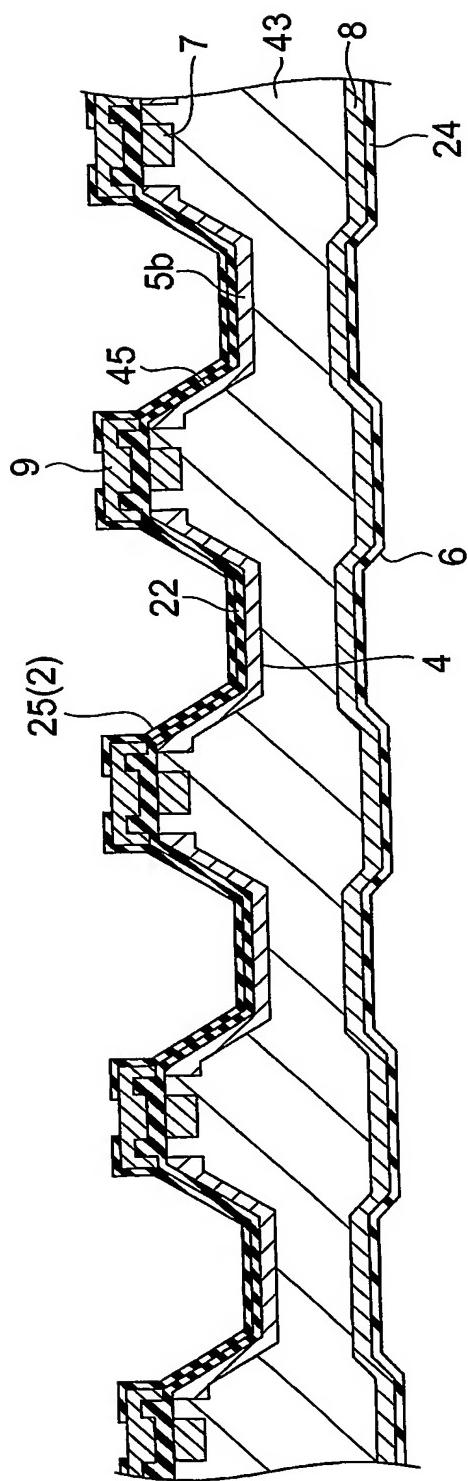
【図19】



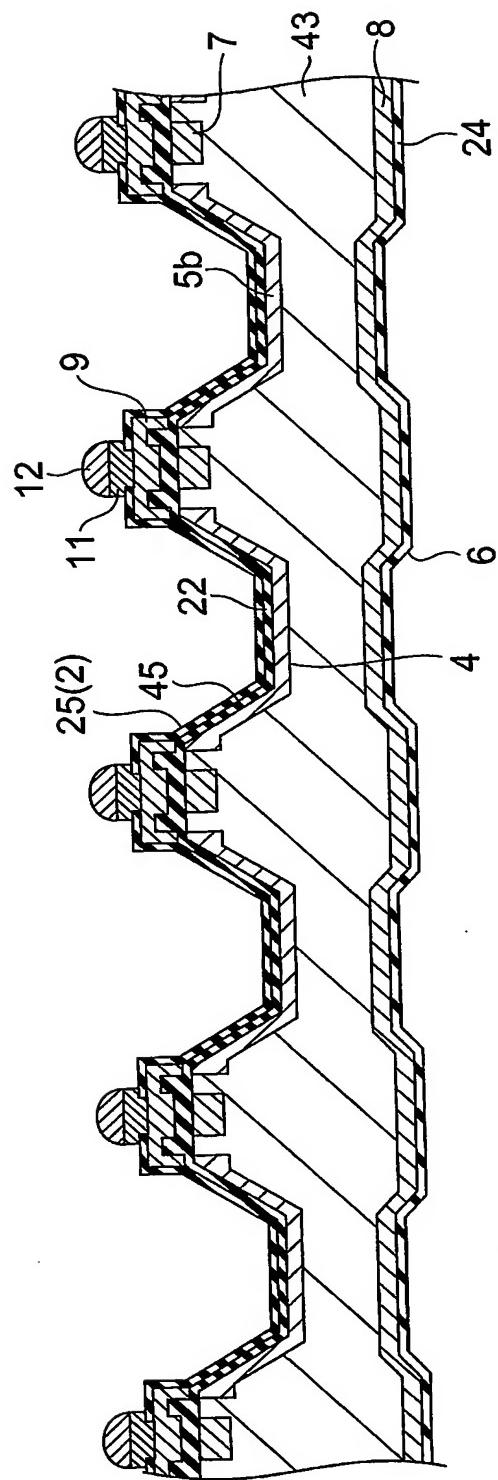
【図 20】



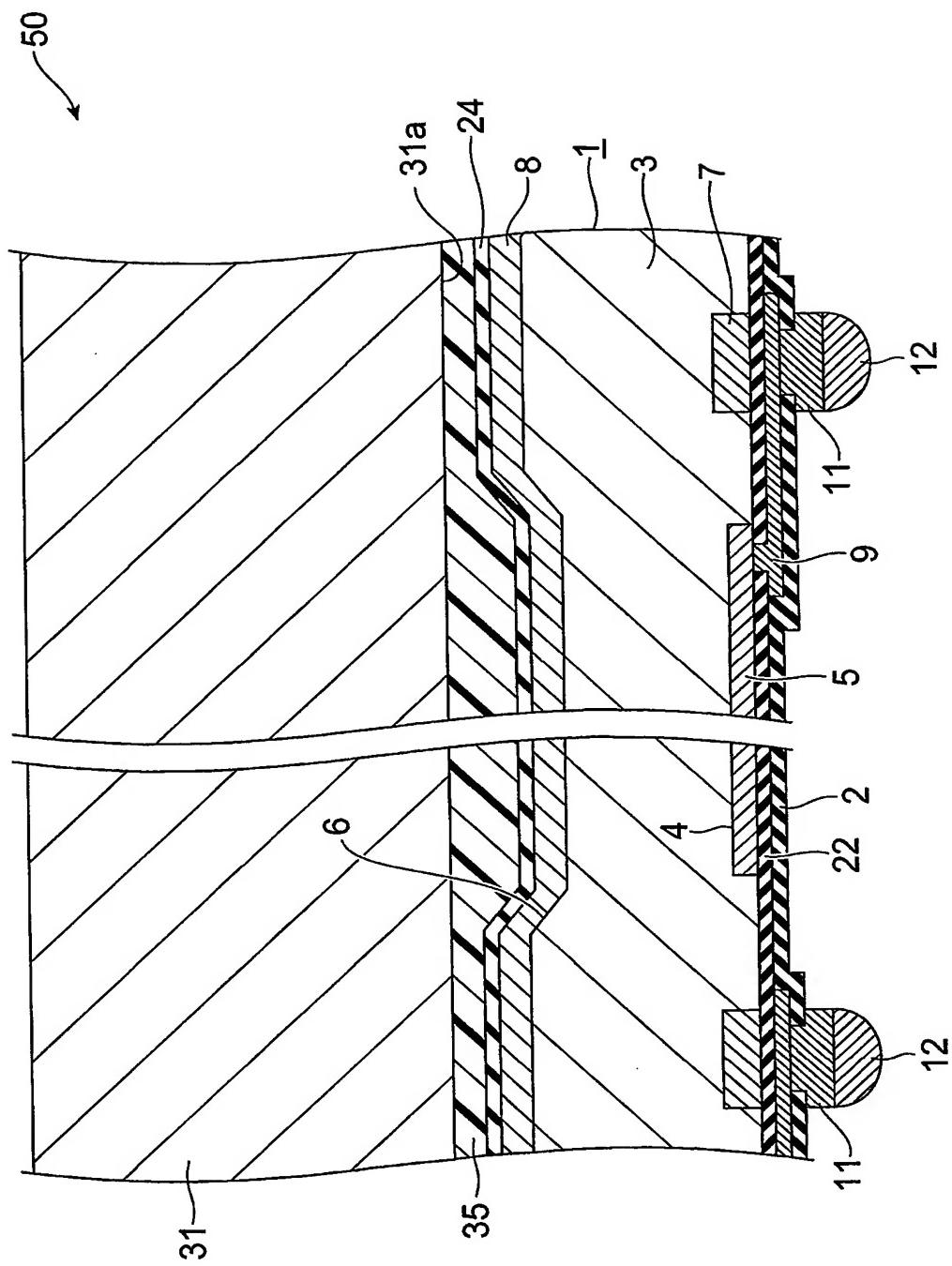
【図21】



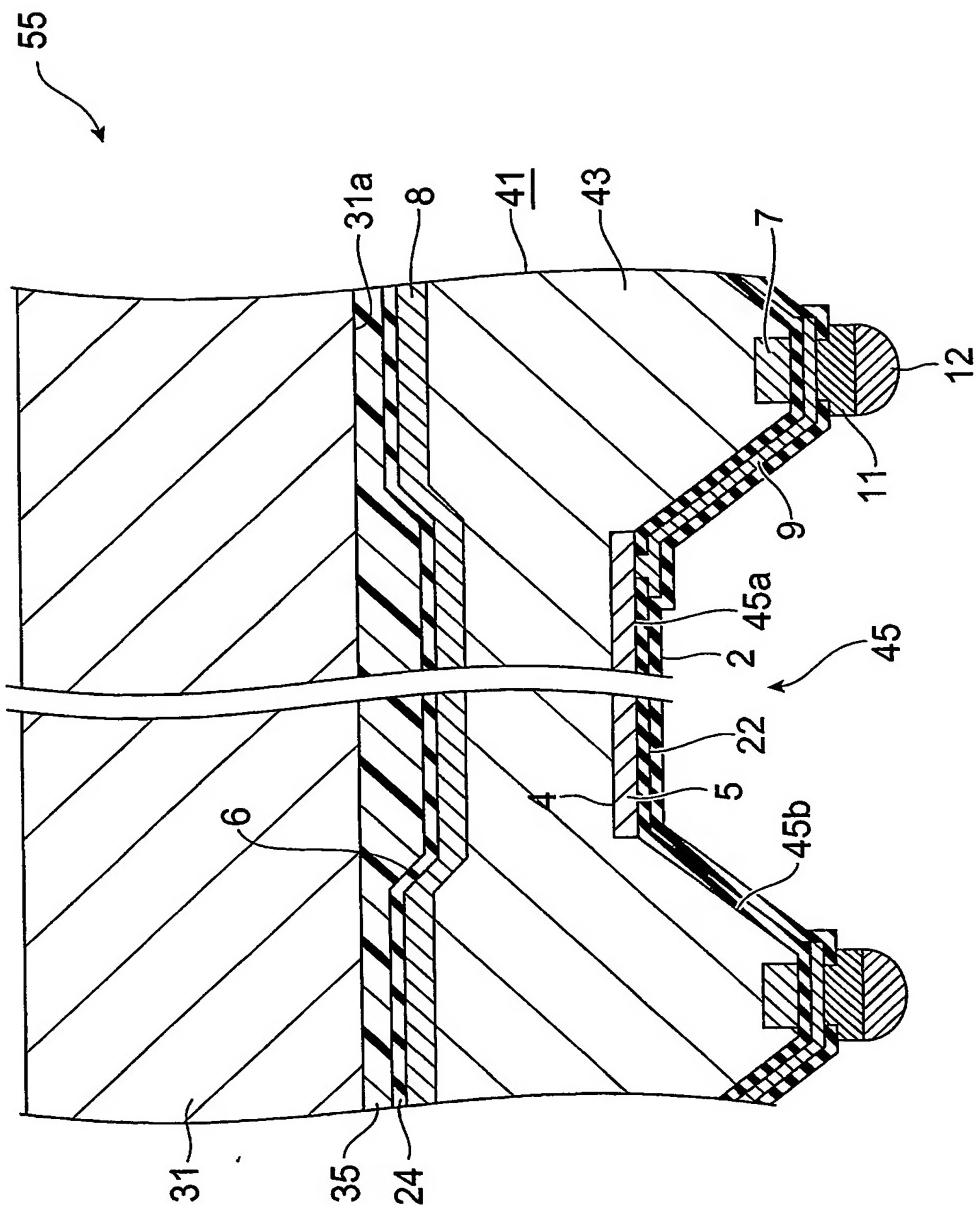
【図22】



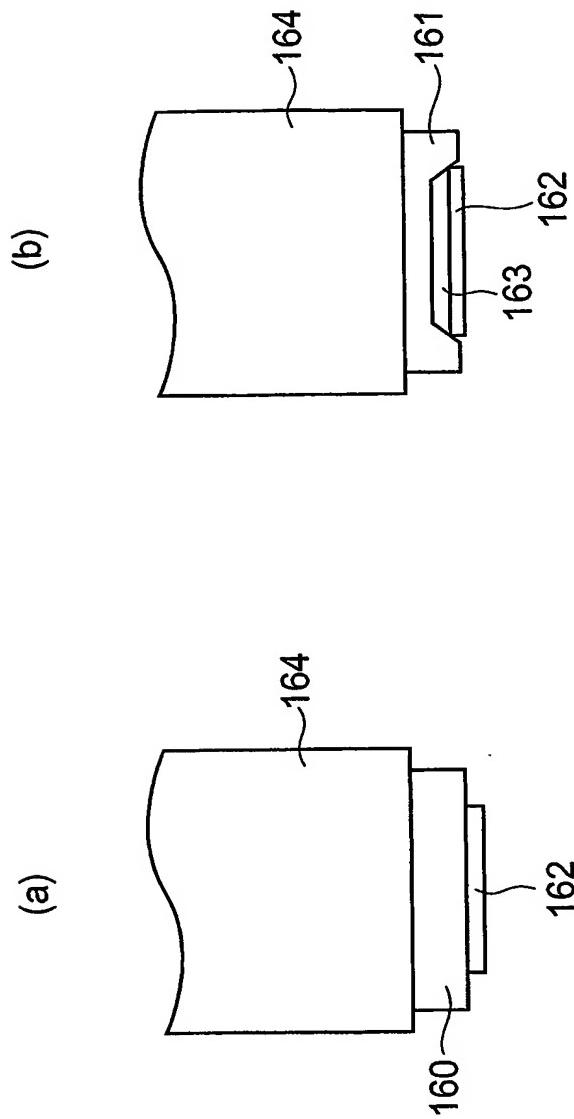
【図23】



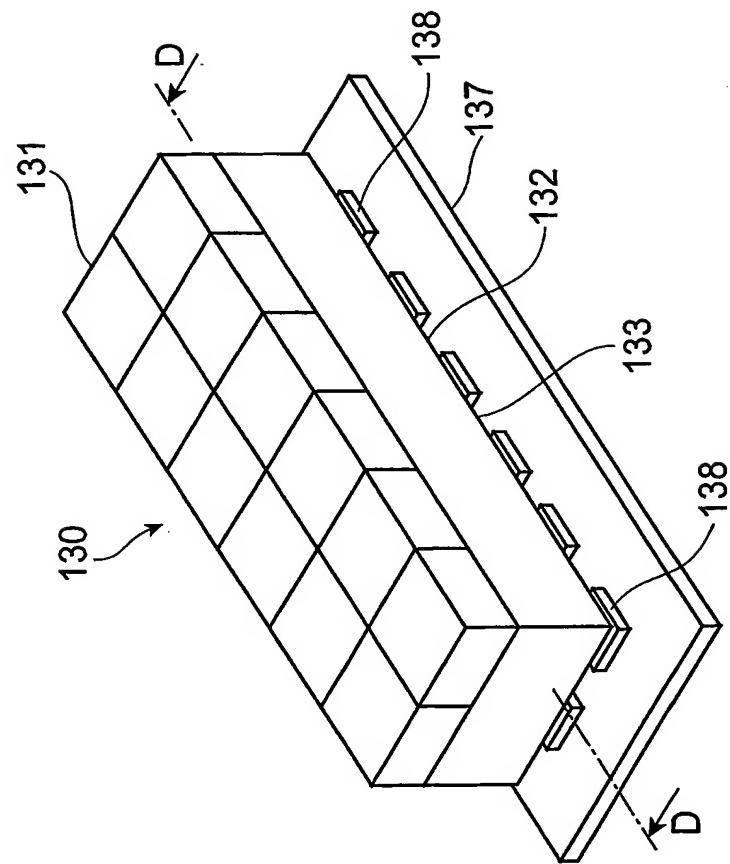
【図24】



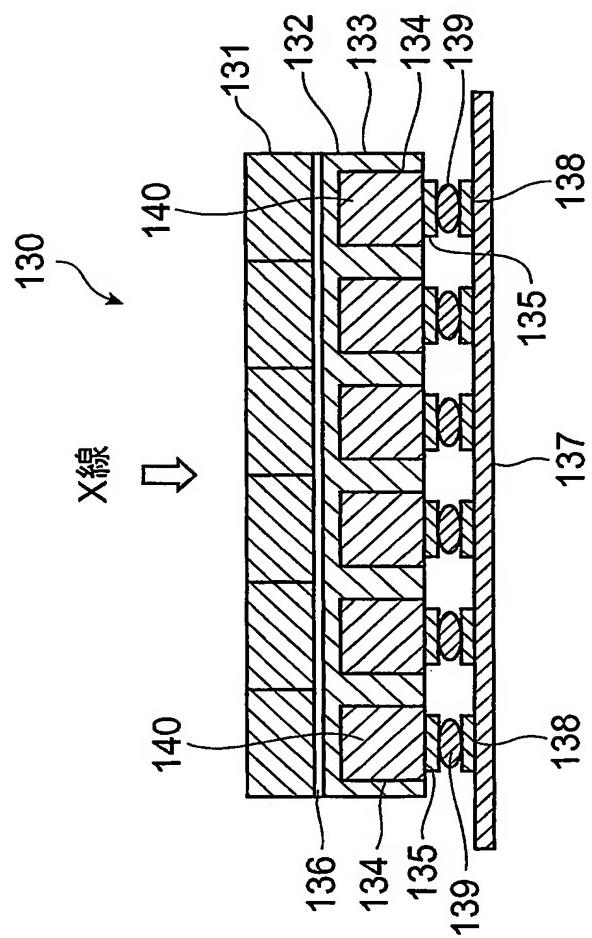
【図25】



【図26】



【図27】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ホトダイオードアレイおよびその製造方法並びに放射線検出器において、実装時におけるホトダイオードの対応領域にもたらされるダメージによるノイズの発生を防止する。

【解決手段】 n型シリコン基板3の被検出光Lの入射面の反対面側に、複数のホトダイオード4がアレイ状に形成されたホトダイオードアレイにおいて、その入射面側のホトダイオード4が形成された領域と対応する領域に、ホトダイオードが形成された領域と対応しない領域よりも窪んだ所定の深さを有する凹部6を設けてホトダイオードアレイ1とする。

【選択図】 図1

特願 2003-087782

出願人履歴情報

識別番号

[000236436]

1. 変更年月日

1990年 8月10日

[変更理由]

新規登録

住 所

静岡県浜松市市野町1126番地の1

氏 名

浜松ホトニクス株式会社